

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-352633

(43)Date of publication of application : 19.12.2000

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

G02B 6/13

(21)Application number : 2000-102402

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 04.04.2000

(72)Inventor : YONEDA SHIGERU

(30)Priority

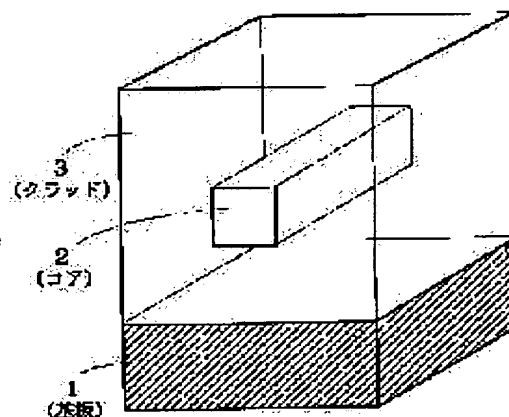
Priority number : 11097902 Priority date : 05.04.1999 Priority country : JP

(54) OPTICAL WAVEGUIDE, WAVEGUIDE TYPE OPTICAL DEVICE USING SAME, AND MANUFACTURE OF THE DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a temperature independent method for a wavelength filter, that is adaptable to the general optical wavelength filter and that has no need of greatly changing a waveguide material, structural parameter, etc., in the already obtained optical wavelength filter, by allowing the substrate to have a negative linear expansion coefficient in a specific temperature range.

SOLUTION: The optical waveguide is formed on a substrate and provided with a core and a clad whose refractive index is smaller than that of the core, and the substrate has a negative linear expansion coefficient in the temperature range of 0-65° C. For example, an athermal optical waveguide is constituted of a substrate 1 having a negative linear expansion coefficient, an optical waveguide core 2 and a clad 3. The optical waveguide on this substrate 1 is of a PLC structure, in this case the athermal condition is controlled by operating the linear expansion coefficient of the substrate 1, hence, without depending on a waveguide structure, in addition to such PLC structure, it may have a slab type, ridge type, loading type or any other type waveguide cross section structure.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 04.04.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 02.10.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-352633
(P2000-352633A)

(43) 公開日 平成12年12月19日 (2000. 12. 19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
G 0 2 B 6/12		G 0 2 B 6/12	F
6/13			N
			M

審査請求 有 請求項の数20 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2000-102402 (P2000-102402)	(71) 出願人	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22) 出願日	平成12年4月4日 (2000. 4. 4)	(72) 発明者	米田 茂 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内
(31) 優先権主張番号	特願平11-97902	(74) 代理人	100082197 弁理士 森崎 俊明
(32) 優先日	平成11年4月5日 (1999. 4. 5)		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

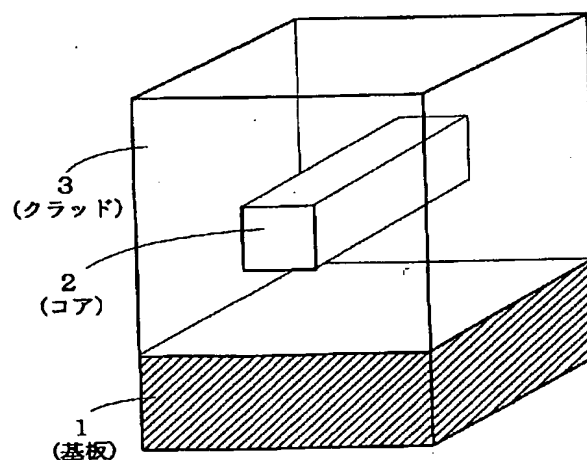
(54) 【発明の名称】 光導波路、それを用いた導波路型光デバイス、及び導波路型光デバイスの製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 本発明は、光導波路そのものの温度依存性を解消した温度無依存光導波路及びそれを用いた外部温度補償の不必要な導波路型光デバイスを提供することを目的とする。

【解決手段】 基板1に、線膨張係数が負である材料を用い、その線膨張係数の値を制御することにより、光導波路コア層2、光導波路クラッド層3を有する光導波路の等価屈折率の温度依存性を相殺したアサーマル光導波路を形成する。

本発明による
アサーマル光導波路



【特許請求の範囲】

【請求項 1】基板上に形成され、コアと該コアより屈折率の小さいクラッドとを有する光導波路であって、前記基板が、0～65℃の温度範囲において、負の線膨張係数を有することを特徴とする光導波路。

【請求項 2】前記光導波路の等価屈折率を n_{eq} 、該等価屈折率の温度変化を dn_{eq}/dT 、前記基板の線膨張係数を α_{sub} として、前記基板が、実質的に式 1 の関係を満たすことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【数 1】

$$\frac{dn_{eq}}{dT} + n_{eq} \times \alpha_{sub} = 0$$

(式 1)

【請求項 3】前記基板が、二酸化チタン (TiO₂) を 5.5 mol% 以上ドーピングした石英ガラスであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光導波路。

【請求項 4】前記基板が、β-石英固溶体系ガラスセラミックスであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光導波路。

【請求項 5】前記基板が、β-スボジュメン固溶体系ガラスセラミックスであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光導波路。

【請求項 6】前記基板が、ZnO-Al₂O₃-SiO₂ 系結晶化ガラスであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光導波路。

【請求項 7】前記基板が、LiO₂-Al₂O₃-SiO₂ 系結晶化ガラスであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光導波路。

【請求項 8】前記基板が、Al₂O₃-TiO₂ 系結晶化ガラスであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光導波路。

【請求項 9】前記基板が、MgO-LiO₂-Al₂O₃-SiO₂ 系結晶化ガラスであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光導波路。

【請求項 10】前記基板が、CsCl であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光導波路。

【請求項 11】光導波路中を伝搬する光を干渉または共振させることにより、特定の波長を共振、反射、透過または分岐する導波路型光デバイスであって、請求項 1～10 のいずれかに記載の光導波路を用いていることを特徴とする導波路型光デバイス。

【請求項 12】前記導波路型光デバイスが、方向性結合器であることを特徴とする請求項 1 記載の導波路型光デバイス。

【請求項 13】前記導波路型光デバイスが、マッハツェンダ干渉器であることを特徴とする請求項 1 記載の導波路型光デバイス。

【請求項 14】前記導波路型光デバイスが、リング共振器であることを特徴とする請求項 1 記載の導波路型光

デバイス。

【請求項 15】前記導波路型光デバイスが、ファブリペロー共振器であることを特徴とする請求項 1 記載の導波路型光デバイス。

【請求項 16】前記導波路型光デバイスが、アレイ導波路回折格子であることを特徴とする請求項 1 記載の導波路型光デバイス。

【請求項 17】前記光導波路内にグレーティングが形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の導波路型光デバイス。

【請求項 18】請求項 1 1 または 1 7 記載の導波路型光デバイスを反射器として用いた DBR レーザ。

【請求項 19】基板と、該基板上に形成された光導波路を含む導波路型光デバイスの製造方法において、線膨張係数が光導波路材料に近いか或いは等しい基板上に光導波路を形成した後、所望の基板（線膨張係数が負または零）を当初の基板の反対側に接着し、その後、当初の基板をエッチング等により除去することを特徴とする導波路型光デバイスの製造方法。

20 【請求項 20】基板と、該基板上に形成された光導波路を含む導波路型光デバイスの製造方法において、線膨張係数が光導波路材料に近いか或いは等しい第 1 の基板と、線膨張係数が負または零である第 2 の基板とを貼り合わせ、第 2 の基板側の表面上に光導波路を形成し、第 1 の基板を除去することを特徴とする導波路型光デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

30 【発明の属する技術分野】本発明は、温度無依存光導波路デバイスに関する。さらに詳しくは、本発明は、光通信システムに使用される光導波路型デバイスにおいて、光導波路そのものの温度依存性を解消することにより、ペルチェ素子等による外部温度補償を不必要とするための技術に関する。

【0002】

40 【従来の技術】光ファイバ通信システムにおいて、伝送容量の拡大を実現するための高密度波長分割多重通信方式 (Dense Wavelength Division Multiplexing: DWDM) では、それぞれの波長を分割、統合するための合分波デバイス（波長フィルタ）が極めて重要となる。

【0003】しかし、周囲環境に温度変化が生じた場合、波長フィルタの透過帯域（中心波長）が変動するという問題があり、この波長フィルタの安定化に関する課題は、現在のところ未解決である。

【0004】この変動の要因は、フィルタを構成する光回路の光路長の温度依存性に起因する。光路長の温度依存性は、光導波路材料の屈折率の温度依存性 dn/dT (n : 屈折率、 T : 温度) と材料の線膨張係数に左右される。

50 【0005】通常、光導波路材料として用いられる石英ガラス、半導体はほぼ全て屈折率温度係数および線膨張

係数が共に正の値であるため、光路長の温度依存性 dS/dT (S : 光路長) も正となる。

【0006】例えば石英系光導波路において温度が 1°C 変化すると、波長フィルタの中心波長は、この光路長の温度依存性によって約 0.01 nm (中心周波数に換算すると約 1.3 GHz) 変動する。さらに半導体系光導波路を用いたデバイスにおいては、石英系光導波路の約 10 倍の温度依存性が存在する。

【0007】このような温度特性を安定化させるための一つの方法として、高精度な温度制御装置を素子に付加するという方法もあるが、この方法ではデバイスの低コスト化、小型化の障害になり、さらに装置全体の信頼性を低下させることにもつながる。

【0008】そこで、この問題を解決するためには、デバイス自体の温度依存性を解消することが必要になる。そのような観点から、温度無依存光デバイスに対する研究が盛んに行われており、これまでに幾つかの温度無依存波長フィルタが報告されている。

【0009】例えば「H. Tanabe et al., IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 8, No. 11, pp. 1489-1491, 1996」では、マッハツェンダ (MZ) 型波長フィルタの中心波長の温度依存性が各アームの光路長差の温度依存性に起因することから、各アームの導波路材料に屈折率温度係数の違うものを用い、光路長差の温度係数を等しくすることによって、フィルタの温度依存性を低減している。

【0010】また「Y. Inoue et al., Electronics Letters, Vol. 33, No. 23, pp. 1945-1947, 1997」では、アレイ導波路回折格子 (AWG) の中心波長が各アレイ導波路間の光路長差の温度依存性に起因することに着目し、屈折率温度係数が負であるシリコン樹脂をアレイ導波路の一部に用い、各アレイ間の光路長差の温度依存性を解消することによって、温度無依存AWGを実現している。

【0011】しかしこれらの技術は、フィルタ中心波長の温度依存性が導波路間の光路長差の温度依存性に起因する構造のものに限られるという問題がある。

【0012】また、特開平10-246824号公報では非対称方向性結合器型波長フィルタにおいて、所望の中心波長において2つの光導波路の伝搬定数、及び等価屈折率の温度係数を互いに等しくすることにより中心波長の温度依存性を無くす方法が提案されている。しかしこの方法も、対象が非対称方向性結合器型波長フィルタに限られるという問題がある。

【0013】様々な構造および原理に基づく波長フィルタに適用可能な、汎用性のある温度無依存化の手法としては、光導波路自体の光路長の温度依存性を零にする方法がある。光路長の温度依存性 (= 光路長温度係数) は以下のように定義される。

【0014】図3に示されるような、基板5上に形成さ

れた、長さ L 、クラッド6およびコア7より成る、等価屈折率 n_{eq} (導波光が実際に感じる屈折率) の光導波路の中を導波する光に対する光路長 S は、等価屈折率と長さの積で

【0015】

【数2】

$$S = n_{eq} \times L$$

(式2)

と表わされる。

【0016】よってこの光路長 S の温度依存性は、式2を温度 T で全微分することにより求められる。ここで、一般的に基板5は、6および7より成る導波路層に比べて十分厚いため、導波路の線膨張係数 $1/L \cdot dL/dT$ は基板の線膨張係数 α_{sub} で近似できる。したがって、導波路長 L で規格化した光路長の温度依存性は、

【0017】

【数3】

$$\frac{1}{L} \frac{dS}{dT} = \frac{dn_{eq}}{dT} + n_{eq} \times \alpha_{sub}$$

(式3)

と表される。ここで、 $1/L \cdot dS/dT$ を光路長温度係数、 dn_{eq}/dT を等価屈折率温度係数と定義する。この $1/L \cdot dS/dT$ の値が零である光導波路を用いることにより、中心波長が温度に無依存な光波長フィルタを実現することができる。つまり、

【0018】

【数4】

$$\frac{dn_{eq}}{dT} + n_{eq} \times \alpha_{sub} = 0$$

(式1)

を満たす光導波路は光路長の温度依存性が零であり、このような光導波路をアサーマル光導波路と言う。

【0019】式1より、光路長温度係数を零にするためには、 $dn_{eq}/dT < 0$ 、もしくは $\alpha_{sub} < 0$ として、互いに正負で相殺すれば良いことが分かる。

【0020】アサーマル光導波路を用いた波長フィルタとしては、例えば「Y. Kokubun et al., IEICE Trans. Electron., Vol. E81-C, No. 8, August 1998」がある。図4は、ここに用いられているアサーマル光導波路の構造である。同図に示すように、Si基板8上に下部クラッド9、コア10が形成され、コア10上に、上部第1クラッド11が形成されている。さらに、下部クラッド9上に、コア10及び上部第1クラッド11を囲むように、上部第2クラッド12が形成されている。

【0021】図4の光導波路では、上部第2クラッド12に、屈折率温度係数が負であるPMMA-TFMA混合ポリマーを用いることにより導波路全体の等価屈折率温度係数

dn_{eq}/dT を負にし、Si基板4の線膨張係数と正負で相殺することによって $1/L \cdot ds/dT=0$ を実現している。

【0022】しかしこの方法に用いられているPMMA（ポリメチルメタクリレート）やTFMA（トリフルオロエチルメタクリレート）、さらに、一般的に屈折率温度係数が負であるポリマー材料は、現在一般的なPLCに用いられている石英系材料に比べて耐熱性、耐湿性、強度、経時変化等の点で大きく劣っており、デバイスの保証寿命を短くする要因になる。

【0023】また、上記方法においては、光導波路の光路長温度係数を制御するために上部第1クラッド層11の厚さを制御しているが、これによって制御できる光路長温度係数の幅は僅かであり、場合によっては大幅な構造の変更、さらにプロセスの変更を強いられる可能性もある。

【0024】導波路構造が大幅に変更される場合、例えば導波路の許容曲げ半径が変化したり、導波路間許容近接距離（ライン/スペースのギャップ）が変化するなど、デバイスの基本設計自体に影響を及ぼす可能性もあるなどの欠点がある。さらに構造によっては、複屈折を生じることにもなる。

【0025】

【発明が解決しようとする課題】以上のように従来の技術では、温度無依存化の対象の光波長フィルタ構造が限定されていたり、あるいは、全ての種類の光波長フィルタへの適用が可能な温度無依存化の手法であっても、使用材料の寿命や強度、耐候性に問題が存在し、さらに場合によっては、温度無依存化実現のために、デバイスの基本設計や製造プロセスの大幅な見直しが必要になる等の課題がある。

【0026】したがって本発明の目的は、上記従来技術における諸問題を考慮し、一般的な全ての構造および原理に基づく光波長フィルタに適用可能で、かつ、既に得られている（温度依存性のある）光波長フィルタにおいて、その導波路材料（コア、クラッド材料）、構造パラメータ、導波路層製造プロセス等を大幅に変更する必要の無い、波長フィルタの温度無依存化法を提供することにある。

【0027】

【課題を解決するための手段】本発明は、基板上に形成され、コアと該コアより屈折率の小さいクラッドとを有する光導波路であって、前記基板が、 $0 \sim 65^\circ\text{C}$ の温度範囲において、負の線膨張係数を有することを特徴とする光導波路に関する。

【0028】前記光導波路の等価屈折率を n_{eq} 、該等価屈折率の温度変化を dn_{eq}/dT 、前記基板の線膨張係数を α_{sub} として、前記基板が、実質的に式1の関係を満たすことが好ましい。

【0029】

【数5】

$$\frac{dn_{eq}}{dT} + n_{eq} \times \alpha_{sub} = 0$$

(式1)

さらに本発明は、光導波路中を伝搬する光を干渉または共振させることにより、特定の波長を共振、反射、透過または分岐する導波路型光デバイスであって、上記の光導波路を用いていることを特徴とする導波路型光デバイスに関する。

【0030】また、本発明は、上記導波路型光デバイスを反射器として用いて、発振波長の温度依存性を低減したDBRレーザに関する。

【0031】更に、本発明は、基板と、該基板上に形成された光導波路を含む導波路型光デバイスの製造方法において、線膨張係数が光導波路材料に近いか或いは等しい基板上に光導波路を形成した後、所望の基板（線膨張係数が負または零）を当初の基板の反対側に接着し、その後、当初の基板をエッチング等により除去することを特徴とする導波路型光デバイスの製造方法に関する。

【0032】更に、本発明は、基板と、該基板上に形成された光導波路を含む導波路型光デバイスの製造方法において、線膨張係数が光導波路材料に近いか或いは等しい第1の基板と、線膨張係数が負または零である第2の基板とを貼り合わせ、第2の基板側の表面上に光導波路を形成し、第1の基板を除去することを特徴とする導波路型光デバイスの製造方法に関する。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第1の実施の形態について図面を用いて説明する。図1は本発明によるアサermal光導波路の斜視図である。

【0034】図1のアサermal光導波路は、負の線膨張係数を持つ基板1、光導波路コア2、クラッド3から構成される。図1における基板上の光導波路はPLC（Planar Lightwave circuit）構造を取っているが、本発明では式1のアサermal条件は基板の線膨張係数を操作することによって制御するため、導波路構造には依存せず、図1に示されるようなPLC構造だけでなく、スラブ型、リッジ型、装荷型等、任意の導波路断面構造であって良い。

【0035】次に基板1の材料であるが、線膨張係数が負であり、かつ表面の平滑性が保たれていれば良い。線膨張係数が負である材料としては、 $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ （ TiO_2 をドーブした石英ガラス）や、 $\text{LiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ 等の、ガラスを熱処理して結晶化させた結晶化ガラス（ガラスセラミックス）など様々なものがあり、それらは一般的に、その材料組成比や生成法を変えることによって、線膨張係数を連続的に変えることが可能である。

【0036】つまり、式1において、 n_{eq} 、 dn_{eq}/dT の値が既知であれば、実質的にアサermal条件を満足するた

めの α_{sub} の値を導き出すことができ、その値を満たすような組成を持つ基板を用意することにより、後はそれまでと同様のプロセスによってその基板上に光導波路を形成すれば、アサーナル光導波路を実現することができる。

【0037】式1の右边は、実質的に0であればよく、 $dn_{eq}/dT + n_{eq} \times \alpha_{sub}$ の絶対値が、 0.5×10^{-5} 以下、さらには、 1×10^{-6} 以下であることが好ましい。

【0038】例えば、石英ガラス等の従来の材料系の基板を用いてデバイスを構成した場合、式1の右边は、 1×10^{-5} 程度の値となり、したがって、式1の右边の値を、 0.5×10^{-5} 以下とすることにより、光導波路の温度依存性が半分になる。

【0039】この負の線膨張係数を示す温度領域は、使用温度を考慮し、 $0 \sim 65^\circ\text{C}$ であればよく、また、線膨張係数に異方性がある場合は、光導波路方向に負の線膨張係数を有すればよい。

【0040】式1において、例えば $n_{eq}=1.5$ 、 $dn_{eq}/dT=5 \times 10^{-6}$ とすると、実質的にアサーナル条件を満たすためには、 $\alpha_{sub} = -3.3 \times 10^{-6}$ ($1/^\circ\text{C}$) であれば良いことが分かる。ここで用いる基板材料の例として、以下のようなものが挙げられる。

【0041】例えば TiO_2 - SiO_2 (TiO_2 をドーブした石英ガラス)では、「Stewart E. Miller and Alan G. Chynoweth, "OPTICAL FIBER TELECOMMUNICATIONS", p. 189, Fig. 7.10B」において図2のような例が示されている。

【0042】この図は、石英ガラスに、 TiO_2 、Be *

種別		サンプル No.							
組成(重量%)	SiO_2	1	2	3	4	5	6	7	8
	Al_2O_3	57.6	60.9	56.3	60.1	59.0	54.0	57.6	50.0
	ZnO	17.1	14.1	16.2	19.7	18.8	23.0	17.1	13.0
結晶化条件 ($^\circ\text{C} \times \text{時間}$)		25.3	25.0	27.5	20.2	22.2	23.0	25.3	37.0
		750×1 + 870×4	700×0.1 + 900×1	920×0.5	700×0.5 + 580×6	900×1	880×3	750×1 + 1100×1	750×1 + 950×1
		-2.15	-1.81	-1.65	-1.76	-1.52	-1.59	3.56	1.99
線膨張係数 ($\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$)									

これらの他にも線膨張係数が負である材料は数多くあり、例えば、 LiO_2 - Al_2O_3 - SiO_2 系結晶化ガラス、 MgO - LiO_2 - Al_2O_3 - SiO_2 系結晶化ガラスは、 SiO_2 を主成分とし、それぞれの成分を含んだ SiO_2 を加熱して得られた結晶である。

【0047】例えば、表2に示すように、 LiO_2 - Al_2O_3

* ZrO_2 、 GeO_2 、 P_2O_5 を所定量ドーブしたときの線膨張係数を示したものである。 TiO_2 をドーブすることにより線膨張係数が低下し、約5.5mol%、負の線膨張係数を示すようになる。

【0043】例えば先の $\alpha_{sub} = -3.3 \times 10^{-6}$ ($1/^\circ\text{C}$)の線膨張係数を得るには、図2のグラフを外挿すると、 SiO_2 に TiO_2 を30数%ドーブすれば良いことが分かる。

【0044】また、例えば特開平2-208256号公報では、主結晶相が β -石英固溶体及び/又は亜鉛ベタライト固溶体である $\text{ZnO-Al}_2\text{O}_3$ - SiO_2 系結晶化ガラスの線膨張係数制御の例が示されており、表1に示されるように、各材料の組成比および結晶化条件を変えることにより、様々な線膨張係数の値が得られている。つまりこれらの条件を変更することによって、所望の線膨張係数を得ることができるのである。

【0045】 β -石英固溶体系ガラスセラミックスとは、 SiO_2 の結晶系の1つであり、リチウムやアルミニウムを少量含有し、他の SiO_2 結晶と比較すると密度が小さく、空隙の多い結晶構造を示す。また、この β -石英固溶体系ガラスセラミックスを高温加熱 ($1100 \sim 1200^\circ\text{C}$) すると、 β -スボジューメン固溶体系ガラスセラミックスに変化する。この β -スボジューメン固溶体系ガラスセラミックスは、 β -石英固溶体系ガラスセラミックスより、高めの線膨張係数を示す。

【0046】

【表1】

α - SiO_2 では、 -8.6×10^{-6} ($1/^\circ\text{C}$)、 Al_2O_3 - TiO_2 では、 -1.9×10^{-6} ($1/^\circ\text{C}$)の負の線膨張係数を示す。これらの材料の線膨張係数を表2に例示する。

【0048】

【表2】

材 料 例	線膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
$\text{LiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-2SiO}_2$ (Beta-eucryptite)	-8.6
$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ (Aluminium Titanate)	-1.9
CsCl	-1.2
ネオセラム N-0	-0.65
ミラクロン PH-3	-0.2

また、本発明に用いることができる市販の基板材料としては、以下のものが挙げられる。

【0049】「ネオセラム N-0」（商品名：日本電気硝子株式会社製）は $\text{LiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 系であり、表2に示すように、 -0.65×10^{-6} ($1/^{\circ}\text{C}$) の負の線膨張係数を示す。

【0050】「ミラクロン PH-3」（登録商標：日本ガイシ株式会社製）は、表2に示すように、 -0.2×10^{-6} ($1/^{\circ}\text{C}$) の負の線膨張係数を示す。

【0051】「ゼロデュア (ZERODUR)」（登録商標：SCHOTT社製）は $\text{LiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 系であり、 -0.1×10^{-6} ($1/^{\circ}\text{C}$) の負の線膨張係数を示す。

【0052】以上のような負の線膨張係数を持つ材料を、式1を満たすように、その材料組成比や製造工程を変えることによってその線膨張係数を所望の値にし、それを導波路基板として用いることによって、光路長温度係数が零である光導波路、つまり温度無依存光導波路を得ることができる。

【0053】なお、これら負線膨張係数材料の中には、材料特性として可視・近赤外部に吸収があるものもあるが、基板材料として用いるには導波光の電界分布が十分減衰するように下部クラッドの厚さを十分に取れば基板材料の吸収は問題にはならない。つまり、基板材料の光透過性については考慮する必要はない。

【0054】上記基板上に形成した光導波路は、直線、曲がり、分岐、結合等どのような構造を取ってもアサーマル条件を満たすため、どのような原理および構造に基づく光機能素子の特性も温度無依存化される。また、それらを実際に製造する際には、基板が変更されたことを意識せずに従来のプロセスがそのまま適用可能となる。

【0055】次に、本発明の第2の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0056】図5は、第2の実施の形態に係るアサーマル導波路の製造方法を説明する図である。20は線膨張係数が光導波路材料に近い或いは等しい材料からなる基板、22は光導波路層、24は接着剤層、26は線膨張係数が負または零の基板である。

【0057】上述した第1の実施の形態では、負の線膨張係数を有する基板上に直接光導波路を成膜することを前提としているが、この場合、基板材料と光導波路材料

の線膨張係数の差が大きい場合、成膜およびアニール時に基板および光導波路膜が高温下にさらされる際に、“そり” 或いはクラックが発生する可能性が高い。第2の実施の形態は、この“そり” 或いはクラックの発生を抑えるための製造方法に関する。

【0058】まず、線膨張係数が光導波路膜に近い或いは等しい基板20を準備する。次に、基板20の上に光導波路膜22を形成する。上述したように、基板20及び光導波路膜22の線膨張係数は互いに近い或いは等しいので、成膜時及びアニール時、或いは冷却時の熱応力に起因するクラックは発生することはない。続いて、光導波路の光路長温度係数を零にする条件(式1)を満たすための基板26を用意し、接着剤層24により基板26を光導波路層22の上面(基板20の反対側)に接着する。最後に、基板20を除去する。

【0059】基板20の除去は、研磨、ウェットエッチング、ドライエッチングが考えられるが、どの基板除去方法を選択するかは基板20の材質、物性、厚さ等により決定される。例えば、基板20が Si の場合には KOH 等でのウェットエッチングが考えられる。一方、基板20が石英或いはガラス基板等の場合には、フッ酸系ウェットエッチングが考えられる。尚、基板20は必ずしも完全に除去する必要はなく、むしろ残存基板厚を制御することによって、デバイス全体の線膨張係数を制御することができ、それにより光導波路デバイスの温度依存性を調整することが可能である。つまり、デバイスの温度依存性の微調節は基板のエッチング量により行うことができる。

【0060】次に、本発明の第3の実施の形態について図面を用いて説明する。

【0061】図6は、第3の実施の形態に係るアサーマル導波路の製造方法を説明する図である。30は線膨張係数が光導波路材料に近い或いは等しい材料からなる基板、32は光導波路層、34は接着剤層、36は線膨張係数が負または零の基板である。

【0062】第3の実施の形態は、上述の第2の実施の形態と同様に、成膜及びアニール時に基板及び光導波路膜が高温にさらされる際に発生する“そり” 或いはクラックを抑えるための製造方法である。

【0063】まず、線膨張係数が光導波路膜に近い或

いは等しい基板 30 と、光導波路の光路長温度係数を零にする条件 (式 1) を満たす基板 36 とを準備する。次に、接着剤層 34 によって基板 30 及び 36 を接着する。基板 30 の厚さを基板 36 の厚さよりも大きくすることによって、基板 30 及び 36 を接着した後の線膨張係数は基板 30 の線膨張係数が支配的になる。つまり、接着した基板の線膨張係数は光導波路材料の線膨張係数に近いか或いは等しいことになる。接着後の基板の線膨張係数をより光導波路膜に接近させるためには、基板 30 及び 36 の厚さの比を調節する。

【0064】基板 30 及び 36 を貼り合わせた後、基板 36 側表面上に光導波路層 32 を形成する。尚、基板 36 は線膨張係数が負であることから、その上に形成する光導波路の線膨張係数 (正) とは異なるが、この接着した基板は基板 30 の線膨張係数が支配的であることから、この接着した基板上には、成膜時の熱応力に起因する“そり”或いはクラックを発生させることなく光導波路膜 32 を形成することが可能である。その後、基板 30 を除去する。基板の除去方法は上述の第 2 の実施の形態と同様であるが、本実施例の形態の場合には、更に、接着剤の溶剤を使用して接着剤層を剥離 (リフトオフ) することによっても基板除去が可能である。

【0065】次に、第 2 及び第 3 の実施の形態の相違点を述べる。

【0066】第 2 の実施の形態では最終的に光導波路層と基板との界面に接着剤層が残る。一方、第 3 の実施の形態では、光導波路層と基板との界面には接着剤層がなく、最終的には、負の線膨張係数を持つ基板上に光導波路層を直接成膜した場合と同等になる。第 2 の実施の形態では、接着剤層に経時劣化がある場合はその影響を受けることになるが、第 3 の実施の形態においては最終的に接着剤層は残らないため、接着剤層の経時劣化や密着性の低下を考慮する必要がないという利点がある。一方、第 3 の実施の形態では、基板を接着する際に基板 30 を厚くし、基板 36 を (相対的に) 薄くしなければならないが、第 2 の実施の形態では各基板の厚さは特に考慮する必要がない。

【0067】尚、本発明の光導波路は、光導波路中を伝搬する光を干渉または共振させることにより、特定の波長を共振、反射、透過または分岐する導波路型光デバイスに用いることができる。

【0068】例えば第 7 図に示されるような、2 本の光導波路 40 を波長オーダーで近接させることによって光導波路間で光パワーが移行する現象を利用した方向性結合器や、第 8 図に示されるような、光路長の異なる 2 本の光導波路 40 を導波する光に付与される位相差を利用して波長選択性を得るマッハツェンダ干渉器、第 9 図に示されるような、リング部 42 を周回する光のうち共振条件 (リング 1 周分の光路長が波長の整数倍) を満たす光のみを選択的に取り出すリング共振器、第 10 図に示

されるような、導波路 40 の端面部に 2 枚のミラー 44 (劈開面、屈折率の異なる膜等の反射機能を有するもの) を対向させて共振器とするファブリーペロ共振器、第 11 図に示されるような、長さの異なる複数のアレイ導波路とスラブ導波路により構成され、アレイ部を導波する光の等位相面が波長によって傾くことを利用したアレイ導波路回折格子 (AWG: Arrayed Waveguide Grating) 等、様々な導波路型光デバイスに用いることができる。

10 【0069】また、本発明の導波路型光デバイスにおいて、光導波路内にグレーティングを設けることも可能である。つまり、基板表面、クラッド内、コア内にグレーティングを設けてもよい。

【0070】さらに、レーザ活性層の片端もしくは両端に配置された反射器 (グレーティング) によって発振波長選択性を待たせた DBR レーザ (DBR: Distributed Bragg Reflector) において、反射器を前記温度無依存光導波路によって構成することにより、レーザ発振波長を温度無依存化することが可能となる (半導体レーザ端面に、上記アサーマル光導波路によるグレーティングを接合させる)。

【0071】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、従来用いられていなかった負の線膨張係数を有する基板を光導波路の基板として用い、さらにその材料を選択することにより、温度無依存化することができる。また、温度無依存化を基板の材料変更のみにより達成しているため、デバイスの基本設計やまたその製造プロセスを大幅に変更する必要がない。

30 【0072】さらに、屈折率温度係数が負であるポリマー材料を用いて温度無依存化した従来技術で問題となった耐熱性、耐湿性、強度、経時変化等についても、本発明においては、無機基板により温度無依存化しているために良好な結果が得られる。

【0073】更に、本発明は、光導波路それ自体が、実質的に温度依存性を持たないため、さまざまな構造の導波路型光デバイスに応用することが可能であり汎用性に優れる。

40 【0074】更に、本発明によれば、成膜時及びアニール時、或いは冷却時の熱応力に起因するクラック等が発生しない導波路型光デバイスを製造することができるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の温度無依存光導波路の一実施形態を模式的に示した図である。

【図 2】酸化物をドープした石英ガラスの線膨張係数の変化を示す図である。

【図 3】本発明の原理を説明するための一般的な光導波路の構造を示す図である。

50 【図 4】負の屈折率温度係数を有するポリマー材料を用

13

いた従来型温度無依存光導波路の構成を示す図である。

【図5】本発明に係る第2の実施の形態を説明する図。

【図6】本発明に係る第3の実施の形態を説明する図。

【図7】本発明の光導波路を用いた方向性結合器の概略図である。

【図8】本発明の光導波路を用いたマッハツェンダ干渉器の概略図である。

【図9】本発明の光導波路を用いたリング共振器の概略図である。

【図10】本発明の光導波路を用いたファブリーペロ共振器の概略図である。

【図11】本発明の光導波路を用いたアレイ導波路格子の概略図である。

【符号の説明】

- 1 負の線膨張係数を有する基板
- 2 光導波路コア層
- 3 光導波路クラッド層

5 導波路基板

6 光導波路クラッド層

7 光導波路コア層

8 Si基板

9 下部クラッド層

10 コア層

11 上部クラッド第1層

12 上部ポリマークラッド層

20、26 基板

22 光導波路層

24 接着剤層

30、36 基板

32 光導波路層

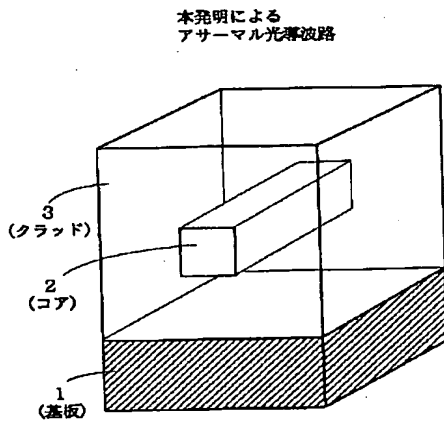
34 接着剤層

40 光導波路

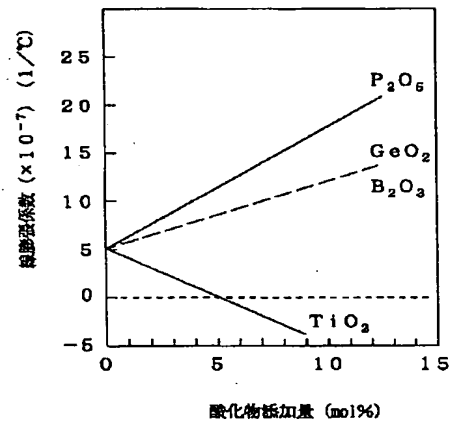
42 リング部

44 ミラー

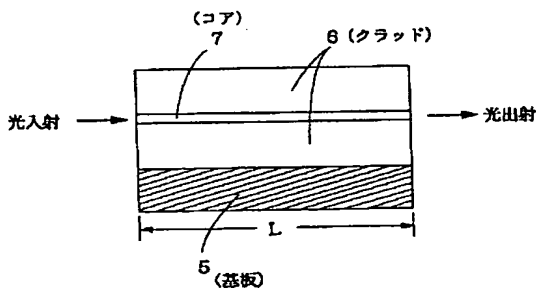
【図1】



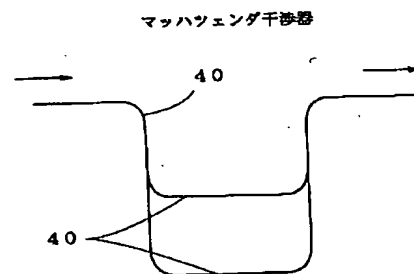
【図2】



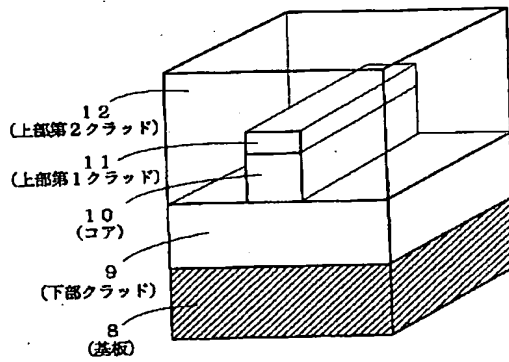
【図3】



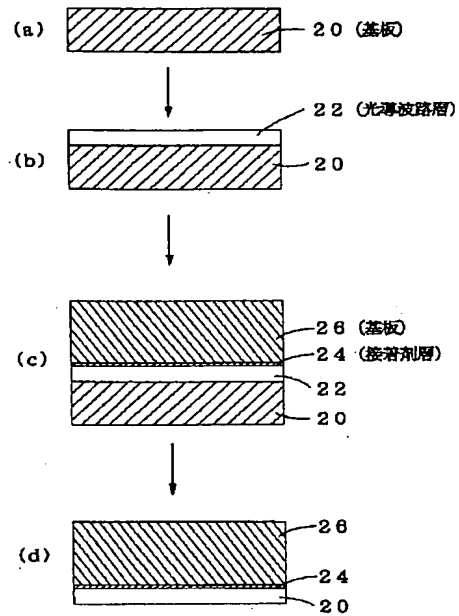
【図8】



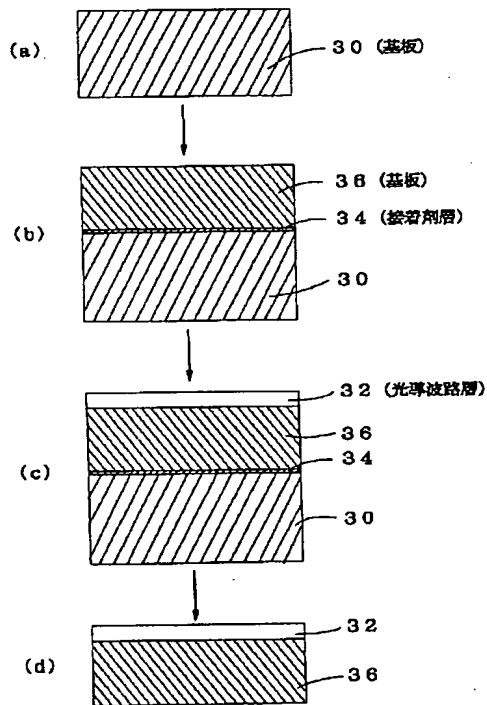
【図4】

アサermal光導波路
(従来例)

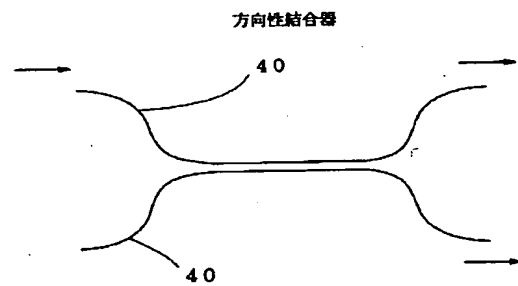
【図5】



【図6】

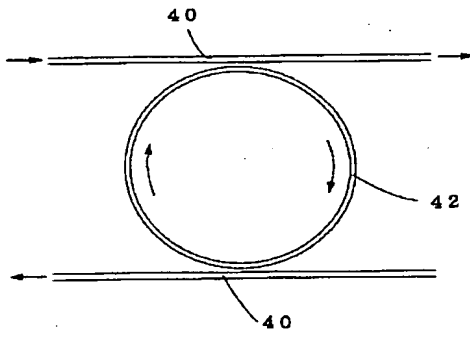


【図7】



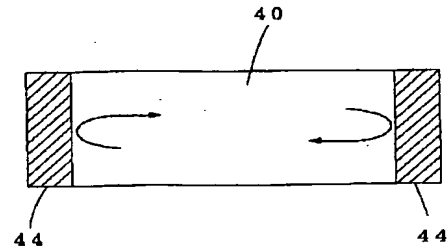
【図 9】

リング共振器



【図 10】

ファブリペロー共振器



【図 11】

アレイ導波路回折格子

